

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 77 15007**

(54) Procédé et dispositif de traitement d'un produit se présentant sous forme de grains et application à la torréfaction.

(51) Classification internationale (Int. Cl.<sup>2</sup>). B 01 J 8/32; A 23 F 1/02; A 23 N 9/00.

(22) Date de dépôt ..... 11 mai 1977, à 10 h 35 mn.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du public de la demande ..... B.O.P.I. — «Listes» n. 49 du 8-12-1978.

(71) Déposant : AGENCE NATIONALE DE VALORISATION DE LA RECHERCHE (A.N.V.A.R.),  
Etablissement public de droit français, résidant en France.

(72) Invention de : Gilbert Rios, Henri Gibert, Jean Crouzet et Jean-Claude Vincent.

(73) Titulaire : *Idem* (71).

(74) Mandataire : Cabinet Barre-Gatti-Laforgue, 77, allée de Brienne, 31069 Toulouse Cedex.

L'invention concerne un procédé et un dispositif de traitement d'un produit se présentant à l'état divisé sous forme de grains ; elle vise en particulier mais non exclusivement, un procédé de torréfaction des grains d'un produit tel que café, cacao, etc...

Les procédés traditionnels de torréfaction consistent soit à attaquer directement par la flamme les grains ou une enceinte métallique qui les contient, soit à envoyer dans cette enceinte un courant de gaz préalablement porté à température élevée ; dans les deux cas, les grains sont brassés mécaniquement pour améliorer l'uniformité du traitement ou pour favoriser le contact entre phases. Toutefois, dans le procédé à attaque directe par la flamme, le traitement des grains n'est pas homogène ; pour le café par exemple, des huiles aromatiques calcinées apparaissent à la surface des grains et nuisent à leur conservation ; la structure du grain est rendue très fragile et de nombreuses brisures sont produites durant le traitement. On constate en outre la desquamation de certains grains entrés en contact trop rapidement avec la paroi surchauffée de l'enceinte. Dans l'autre procédé évoqué ci-dessus, le rendement thermique est très médiocre car l'échange entre le gaz et les grains n'est pas bon et ce type de traitement conduit à une consommation énergétique importante.

Pour tenter d'améliorer les échanges thermiques entre le gaz et les grains dans ce dernier procédé, une méthode récente consiste à mettre en suspension ou "fluidiser" les grains dans le courant de gaz chaud ; cette technique permet d'assurer une excellente irrigation de la couche fluidisée par le gaz chaud et d'obtenir un brassage intense des grains sans nécessiter une agitation mécanique. Toutefois, pour être fluidisés, des grains de dimensions notables, par exemple des grains de café dont les dimensions sont de l'ordre de 5 à 8 millimètres, exigent que le gaz circule à des vitesses élevées (supérieures à la vitesse minimale de fluidisation qui est de l'ordre de 1,2 m/s pour des grains de café vert) ; cette exigence entraîne plusieurs inconvénients graves. En premier lieu les débits de passage importants conduisent à prévoir des installations accessoires de mise en circulation du gaz, onéreuses et encombrantes. En outre, la section de l'enceinte dans laquelle s'effectue la torréfaction doit demeurer relativement réduite sous peine d'exiger des débits

de gaz excessifs, incompatibles avec les possibilités de réalisation pratique ; en conséquence les rendements horaires de produits traités par étage de fluidisation sont faibles. Enfin, le contrôle correct du temps de torréfaction impose un déroulement discontinu du traitement, charge par charge. Ce fonctionnement discontinu rend le procédé difficile à automatiser et accroît le personnel nécessaire ; il entraîne également des pertes thermiques pendant les phases de mise en régime.

Par ailleurs, quelle que soit la qualité du contact entre la phase gazeuse et la phase solide, le coefficient de transfert thermique entre un gaz et un solide présente toujours une valeur modérée qui limite les possibilités d'échanges entre les deux phases et ne permet pas d'utiliser de façon très satisfaisante le potentiel thermique du gaz.

La présente invention se propose de pallier les inconvénients ci-dessus évoqués, en indiquant un nouveau procédé de torréfaction apte à permettre un traitement uniforme des grains dans de remarquables conditions d'économie, notamment sur le plan énergétique.

D'une façon plus générale, l'invention vise un procédé pour traiter un produit quelconque se présentant à l'état divisé sous forme de grains, procédé permettant d'exécuter de façon économique un traitement uniforme des grains, quelle que soit la nature de ce traitement, celui-ci pouvant mettre en jeu des transferts thermiques, des transferts de matière ou une combinaison des deux.

Un objectif de l'invention est en particulier de permettre une mise en oeuvre continue du traitement.

Un autre objectif est de réduire le coût et l'encombrement des installations nécessaires.

Le procédé conforme à l'invention consiste à fluidiser dans une enceinte un corps auxiliaire se présentant sous forme de fines particules solides par mise en suspension desdites fines particules dans un courant de gaz porteur, et à mettre en flottation les grains du produit à traiter dans la couche fluidisée de particules dont la nature et/ou l'état sont adaptés au traitement à réaliser de façon à engendrer ledit traitement par l'effet des chocs des fines particules du corps auxiliaire avec les grains du produit.

Dans le cas où le traitement à réaliser met

en jeu un transfert de chaleur (torréfaction, congélation...), les fines particules du corps auxiliaire peuvent être des particules inertes, portées à une température déterminée, adaptée au traitement à réaliser. L'apport thermique nécessaire (en calories  
5 ou en frigories) peut être réalisé par un apport direct au coeur de la couche fluidisée ou à la périphérie de celle-ci ; il peut également être réalisé par un chauffage ou un refroidissement du courant de gaz porteur à son entrée dans l'enceinte. De préférence, le gaz porteur est recyclé, au moins en partie, après passage  
10 dans l'enceinte.

La capacité calorifique et l'inertie thermique de la couche fluidisée sont très supérieures à celles d'un gaz, ce qui permet d'obtenir au sein de la couche fluidisée une température uniforme favorisant l'uniformité du traitement.

15 De plus, les particules du corps auxiliaire utilisé ont une très faible granulométrie, de sorte que leur mise en fluidisation ne requiert que des vitesses de gaz réduites.

Leur granulométrie est inférieure à celle du corps à traiter et, dans la pratique, est choisie aussi faible  
20 que possible et au plus égale à environ 1/5ème de la granulométrie du corps à traiter ; ainsi chaque grain peut être assimilé à une paroi à l'égard des particules et l'échange qui se produit par effets des chocs des fines particules sur chaque grain est un échange couche fluide/paroi dont on sait que le coefficient de  
25 transfert est élevé en comparaison d'un échange gaz/solide. Par exemple pour des grains de café ou des grains d'un produit analogue, le coefficient de transfert de chaleur par convection entre de l'air et les grains présente une valeur maximale de l'ordre de 50 à 60 kilocalories par heure, par m<sup>2</sup> et par degré celsius ;  
30 ce coefficient est environ 5 fois plus important pour un échange thermique entre grains et couche hétérogène de fines particules solides.

Dans le procédé de l'invention, les fines particules du corps auxiliaire remplissent donc, une double fonction : assurer sur le plan mécanique la suspension des grains du  
35 produit à traiter dans le courant gazeux sans qu'il soit nécessaire d'utiliser des vitesses de gaz élevées, réaliser un traitement uniforme et efficace au niveau de chaque grain, par le biais des multiples chocs naturels des fines particules de la couche  
40 fluidisée.

Le procédé conforme à l'invention peut avantageusement être mis en oeuvre en continu dans une enceinte de forme allongée ; dans ce cas le produit à traiter est déversé en continu dans l'enceinte à un débit déterminé, entraîné en continu à l'intérieur de l'enceinte depuis la zone d'alimentation vers une zone de prélèvement, et prélevé en continu dans cette dernière zone.

Pour faciliter le prélèvement du corps à traiter, le corps auxiliaire utilisé peut être choisi pour présenter une masse volumique telle que la masse volumique moyenne apparente de la couche fluidisée soit supérieure à la masse volumique de grain du corps en fin de traitement. Ainsi, en fin de traitement, les grains du corps traité flottent à la surface de la couche fluidisée et peuvent aisément être prélevés en surface de celle-ci, notamment par surverse.

S'il y a lieu, le produit à traiter est soumis, après traitement, à une opération de séparation, tendant à séparer les particules du corps auxiliaire susceptibles d'être entraînées avec les grains du produit traité.

Dans le cas d'une torréfaction, on sait que le traitement du produit est généralement suivi par une opération de refroidissement brusque ou "trempe" des grains ; cette opération peut être couplée avec l'opération de séparation ci-dessus évoquée. Selon un premier mode de mise en oeuvre, les produits sont amenés à leur sortie de l'enceinte à circuler sur un crible possédant une maille de dimension intermédiaire entre celle des fines particules et celle des grains du produit, ce crible étant mis en vibration et traversé dans le sens ascendant par un courant de gaz froid. Selon un autre mode de mise en oeuvre, à leur sortie de l'enceinte, les produits sont mis en fluidisation dans un courant de gaz froid de façon à décoller par l'effet des chocs les fines particules des grains et à provoquer un entraînement pneumatique de celles-ci ; cette mise en fluidisation peut être réalisée conformément à la technique décrite dans la demande de brevet français n° 76.34846 déposée le 17/11/1976.

Pour la plupart des produits (café, cacao, etc...), la masse volumique du produit diminue au cours du traitement ; il est dans ce cas possible, sans que cela soit indispensable ni essentiel, de choisir un corps auxiliaire ayant une masse volumique telle que la masse volumique moyenne apparente

de la couche fluidisée présente une valeur intermédiaire entre la valeur initiale et la valeur finale de la masse volumique de grain du produit. Ainsi les grains ont tendance à sombrer au fond de l'enceinte au début du traitement, à flotter au cœur de la  
5 couche pendant le traitement et à surnager à la fin de celui-ci.

Le gaz porteur utilisé est en général de l'air ; dans certaines torréfactions, il est intéressant d'utiliser un gaz inerte, par exemple de l'azote, en vue d'éviter des phénomènes d'oxydation du produit.

10 Par ailleurs, l'invention s'étend à un dispositif pour le traitement en continu de grains d'un produit, conformément au procédé décrit précédemment. Ce dispositif comprend une enceinte de traitement de forme allongée, un conduit d'arrivée de gaz porteur débouchant à la base de l'enceinte, un conduit  
15 de départ du gaz en partie haute de celle-ci et un distributeur de fluidisation situé à la base de l'enceinte ; selon la présente invention le dispositif comprend une couche de fines particules d'un corps auxiliaire disposée au dessus du distributeur en vue d'être fluidisée par le gaz porteur, des moyens d'alimentation en  
20 grains de produit à traiter, adaptés pour déverser dans une zone de l'enceinte un débit déterminé de grains, des moyens de prélèvement des grains, adaptés pour prélever les grains dans une zone opposée, et des moyens d'entraînement des grains adaptés pour engendrer une circulation des grains de la zone d'alimentation  
25 vers la zone de prélèvement.

Les moyens d'entraînement des grains peuvent être mécaniques ; ils peuvent également être réalisés par un positionnement approprié du dispositif par rapport à la verticale en vue de provoquer un entraînement par gravité des grains, de la  
30 zone d'alimentation vers la zone de prélèvement.

D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention se dégageront de la description qui suit, en référence aux dessins annexés, qui en présentent à titre d'exemple non limitatif, un mode de réalisation ; sur ces dessins :

35 - la figure 1 est un schéma d'ensemble d'un dispositif de torréfaction conforme à l'invention,  
- la figure 2 en est une coupe partielle par un plan vertical.

Le dispositif de torréfaction représenté à  
40 titre d'exemple aux figures comprend une enceinte de traitement 1

de section rectangulaire allongée, dont la longueur est égale à plusieurs fois la largeur.

A sa base cette enceinte comprend un distributeur de fluidisation 2 qui peut en particulier être du type de  
5 celui décrit dans le brevet n° 73.14526 déposé le 20 avril 1973.

Au dessus de ce distributeur, est placé un échangeur de chaleur constitué en l'exemple par des éléments de chauffage électrique tels que 3 surmontés par une grille de protection 4 ; les éléments 3 sont reliés à l'extérieur de l'enceinte  
10 à une source de tension, par des conducteurs électriques tels que 5.

Au dessus du distributeur, l'enceinte contient un lit de fines particules inertes 6, fluidisées par un courant d'air. Ces particules peuvent par exemple être constituées  
15 par des billes de verre de diamètre de l'ordre de 250 microns. La quantité de particules prévue est telle que la couche fluidisée présente une hauteur de l'ordre de quelques centimètres et une masse volumique moyenne apparente de l'ordre de 1,3 gr/cm<sup>3</sup> pour la torréfaction du café.

La grille de protection 4 possède des mailles dont la dimension est adaptée pour laisser passer librement les fines particules 6 et interdire le passage des grains du produit à traiter, par exemple grains de café 7.  
20

Ces grains peuvent être introduits en continu dans l'enceinte au moyen d'une trémie 8 possédant deux volets mobiles d'obturation pour constituer un sas d'entrée ; cette trémie débouche d'un côté de l'enceinte à proximité d'une paroi latérale de celle-ci.  
25

Du côté opposé, l'enceinte est pourvue d'un conduit de prélèvement 9 qui affleure la surface supérieure de la couche fluidisée pour recueillir par surverse les grains de cafés traités. Ce conduit est également pourvu de deux volets mobiles d'obturation formant un sas de sortie.  
30

En outre, l'enceinte 1 est pourvue de moyens d'entraînement des grains, qui les acheminent lentement depuis la zone d'alimentation jusqu'à la zone de prélèvement ; ces moyens sont adaptés pour que le temps de séjour moyen d'un grain dans l'enceinte soit égal au temps de traitement nécessaire.  
35

En l'exemple ces moyens d'entraînement comprennent un support sans fin, par exemple un tapis sans fin 10,  
40

possédant un brin actif qui s'étend dans l'enceinte au dessus de la couche fluidisée depuis la zone d'alimentation jusqu'à la zone de prélèvement ; ce tapis sans fin est entraîné par un moteur (non représenté) adapté pour amener le brin actif dudit tapis à circuler de la zone d'alimentation vers la zone de prélèvement. Une pluralité d'organes tels que palettes 11 sont répartis le long du tapis 10 de façon à faire saillie par rapport à celui-ci et à plonger dans la couche fluidisée au niveau du brin actif. Ces palettes ont pour fonction d'entraîner les grains et d'assurer un contrôle précis du temps de séjour des grains dans l'enceinte.

Par ailleurs l'enceinte 1 est accouplée à sa base à un conduit d'arrivée d'air 12 et, en partie haute, à un conduit de départ 13 qui se prolonge par un conduit de recyclage pourvu d'une soufflante 14 et se referme sur le conduit d'arrivée 12. Un conduit de soutirage 15 muni d'une vanne est associé au conduit de départ 13 pour permettre de prélever une petite partie du gaz recyclé aux fins d'épuration de celui-ci ; en outre, un conduit d'aspiration d'air 16 muni d'une vanne anti-retour autorise une introduction d'air dans le circuit pour compenser les pertes se produisant au niveau du conduit de soutirage 15, de la trémie 8 et du conduit de prélèvement 9.

La puissance de la soufflante 14 est ajustée de sorte que la vitesse de circulation de l'air dans l'enceinte 1 soit supérieure à la vitesse minimale de fluidisation des fines particules du corps auxiliaire. Compte tenu de la faible granulométrie de ces particules, cette vitesse est faible et permet de prévoir une enceinte de section allongée de dimensions notables, tout en préservant des débits gazeux de valeurs réduites et une dépense énergétique limitée pour assurer la circulation de l'air.

En outre, comme on le verra par la description d'un exemple particulier de traitement, la qualité des échanges thermiques entre la couche constituée des fines particules du corps auxiliaire et les grains à torréfier réduit considérablement les temps de séjour nécessaires des grains dans l'enceinte par rapport aux procédés connus et conditionne l'obtention d'un bilan thermique très favorable. Dans ces conditions les pertes sont faibles et l'apport thermique nécessaire à chaque instant peut être délivré aux particules de la couche fluidisée à partir



d'une source d'énergie chère mais propre (telle que éléments chauffants électriques 3), ce qui autorise un recyclage des gaz. Au contraire dans les procédés connus, les gaz chauffés par un bruleur à combustible liquide (en raison des grandes quantités  
5 de chaleur requises) sont souillés par les gaz de combustion et par les résidus de combustibles imbrulés<sup>et</sup>/né peuvent être recyclés, ce qui pose des problèmes de pollution extérieure.

Notons que la qualité des produits torréfiés est nettement améliorée dans le procédé de l'invention pour plu-  
10 sieurs raisons. Le recyclage du gaz porteur suscite une concentration des arômes, favorable au maintien de ces composés dans les grains. En outre, l'intensité des transferts thermiques et l'excellent contrôle en température de la couche fluidisée autorisent un traitement uniforme et en profondeur des grains.

15 Le procédé en continu bénéficie d'une grande souplesse de mise en oeuvre ; il peut être aisément automatisé et permet de jouer dans chaque application sur le temps de torréfaction, sur les débits de gaz et de solide et sur la puissance de chauffe.

20 Un inconvénient du procédé, largement compensé par les avantages sus-évoqués, réside dans le risque de mélange d'un petit pourcentage de fines particules du corps auxiliaire avec les grains du produit traité suivant les granulométries relatives choisies et la structure des grains ; une opération de  
25 séparation pourra donc suivre le traitement. Cette opération est facilitée par la différence de granulométrie et de densité des produits et peut être couplée avec une opération de "trempe" des grains du produit torréfié. Notons que les fines particules récupérées peuvent être réintroduites dans l'enceinte 1, soit avec le  
30 produit à traiter, soit par un conduit spécial.

Dans le cas du café, on constate que des particules du produit auxiliaire parviennent à pénétrer dans le sillon médian des grains pendant la torréfaction lorsque leur diamètre est trop faible et sont ensuite piégées à l'intérieur lorsque le grain se rétracte au moment du refroidissement. Des essais  
35 ont montré que ce pourcentage en poids, nul lorsqu'on opère avec du verre de 1200 microns, est de l'ordre de 0,8 % lorsqu'on utilise des particules de 850 microns environ et de 2 à 3 % avec du verre de 250 microns. Une opération de séparation finale est donc  
40 alors souhaitable. Celle-ci peut être opérée en moulant grossiè-

rement les grains de façon à libérer les fines particules et en effectuant la séparation proprement dite, basée sur les différences de diamètre ou de densité des produits. Cette exigence n'est pas contraignante dans la pratique car le café est dans  
5 une proportion importante, livré sur le marché sous forme moulu ou soluble.

A titre d'exemple illustratif, le tableau ci-après fournit les caractéristiques essentielles d'essais de torréfaction réalisés au moyen d'une installation pilote du type  
10 de celle précédemment décrite.

5	Caractéristiques de l'enceinte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Longueur : 40 cm</li> <li>• Largeur : 8 cm</li> <li>• Hauteur : 20 cm</li> </ul>
10	Caractéristiques de la couche fluidisée	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nature du corps auxiliaire : verre</li> <li>• Diamètre des particules : 250 microns</li> <li>• Masse volumique : 2,61 grs/cm<sup>3</sup></li> <li>• Poids des fines particules contenues dans l'enceinte : 1250 grammes</li> <li>• Hauteur de la couche fluidisée avant introduction du café : 30 mm</li> <li>• Débit d'air : 37 normo-m<sup>3</sup>/h</li> <li>• Température de la couche fluidisée réglée à 250° C</li> </ul>
15		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masse volumique moyenne apparente de la couche : 1,3 gr/cm<sup>3</sup></li> </ul>
20	Caractéristiques du produit à traiter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grains de café { <ul style="list-style-type: none"> <li>- Robusta du Cameroun</li> <li>- Arabica du Costa-Rica</li> </ul> </li> <li>• Masse volumique de grain avant traitement (grains verts) : 0,7 gr/cm<sup>3</sup></li> <li>• Masse volumique de grain après traitement (grains torréfiés) : 0,39 gr/cm<sup>3</sup></li> </ul>
25		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poids de café en cours de traitement à l'intérieur de l'enceinte : 300 grammes</li> </ul>
30	Conditions opératoires et résultats	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temps d'apparition des premiers craquements : 20 secondes</li> <li>• Temps de torréfaction : 150 secondes</li> <li>• Pourcentage pondéral de particules de corps auxiliaire recueillies avec les grains en fin de traitement : 2,5 %</li> </ul>

35

On constate que le temps de torréfaction est très court ; rappelons que ce temps est compris entre 9 minutes et 18 minutes dans les procédés traditionnels utilisant un gaz chaud à température égale à 260° C.

Des analyses gustatives effectuées par l'Institut français du café et du cacao (I.F.C.C.) ont fait ressortir que les produits obtenus bénéficiaient de remarquables qualités organoleptiques.

5 Des séries d'essais dans lesquels les paramètres ont été amenés à varier, ont permis de constater qu'une bonne torréfaction est obtenue lorsque la température de la couche fluidisée est comprise entre 230 et 280° C environ, les grains de café étant amenés à séjourner dans cette couche durant une période comprise entre 120 et 200 secondes environ.

On a pu constater qu'une augmentation légère de la température de la couche fluidisée dans la plage sus-indiquée a peu d'incidence sur la durée requise du traitement, tandis qu'une augmentation plus forte amenant cette température au delà  
15 de la limite supérieure de cette plage semble préjudiciable à la qualité du produit obtenu ; par contre au dessous de 230° C, le grillage a beaucoup de mal à s'effectuer et devient très long.

En outre lorsque les conditions opératoires sont telles que le poids du café contenu à chaque instant dans  
20 l'enceinte devient supérieur à environ 25 % du poids des fines particules du corps auxiliaire, on constate que les conditions de sustentation des grains dans la couche fluidisée se détériorent rapidement. Dans la pratique les conditions opératoires de la torréfaction (alimentation en café, entraînement, prélèvement),  
25 seront donc adaptées pour que le poids du café dans l'enceinte demeure à chaque instant inférieur à environ 25 % du poids des fines particules.

De plus, le choix du débit d'air égal à 37 normo-m<sup>3</sup>/h qui permet d'obtenir dans l'enceinte une vitesse de  
30 passage de l'air de l'ordre de 3 fois la vitesse minimale de fluidisation des fines particules du corps auxiliaire, assure un bon compromis, permettant d'opérer avec des débits faibles tout en obtenant des conditions optimales de mélange des fines particules et des grains.

35 Les valeurs du pourcentage en poids des grains par rapport aux fines particules et de la vitesse de passage des gaz données ci-avant ne sont en rien limitatives et sont susceptibles de varier avec les caractéristiques géométriques et physiques des fines particules utilisées.

40 Notons enfin que, en moulant les grains de

café torréfiés à une granulométrie d'environ 500 microns, on opère en couche fluidisée une séparation parfaite des <sup>finer</sup>/particules recueillies avec les grains grâce à la différence granulométrique et densimétrique des particules en présence.

- 5 Bien entendu l'invention n'est pas limitée à la description qui précède mais en comprend toutes les variantes. Elle s'applique dans d'autres domaines que celui de la torréfaction (congélation, séchage, etc...) et pour des grains de produits de nature diverse.

## REVENDECATIONS

1/ - Procédé de torréfaction des grains d'un produit tel que café, cacao, etc..., caractérisé en ce qu'il consiste à fluidiser en couche peu épaisse dans une enceinte un .  
5 corps auxiliaire se présentant sous forme de fines particules solides par mise en suspension desdites fines particules dans un courant de gaz porteur, à mettre en flottation les grains du produit à torréfier dans la couche fluidisée, et à porter ladite couche fluidisée à une température propre à assurer une torréfaction  
10 du produit, les fines particules du corps auxiliaire remplissent la double fonction d'assurer sur le plan mécanique la suspension des grains du produit à torréfier dans la couche fluidisée, et d'apporter à chaque grain la quantité de chaleur nécessaire à sa torréfaction par le biais des chocs multiples des fines particules  
15 sur ce grain.

2/ - Procédé de torréfaction selon la revendication 1, caractérisé en ce que le débit du gaz porteur est ajusté de sorte que la vitesse de passage du gaz dans l'enceinte soit de l'ordre de 3 fois la vitesse minimale de fluidisation  
20 des fines particules du corps auxiliaire.

3/ - Procédé de torréfaction selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que les particules du corps auxiliaire utilisé présentent une granulométrie au plus égale à environ 1/5ème de la granulométrie des grains du produit à  
25 torréfier.

4/ - Procédé de torréfaction selon l'une des revendications 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que le corps auxiliaire utilisé présente une masse volumique telle que la masse volumique moyenne apparente de la couche fluidisée soit supérieure  
30 à la masse volumique du grain du corps à torréfier en fin de traitement.

5/ - Procédé de torréfaction selon l'une des revendications 1, 2, 3 ou 4, caractérisé en ce que le produit à torréfier est introduit dans l'enceinte de sorte que le poids  
35 dudit produit contenu à chaque instant dans l'enceinte soit au plus égal à environ 25 % du poids des fines particules.

6/ - Procédé de torréfaction selon l'une des revendications 1, 2, 3, 4 ou 5, caractérisé en ce que, à leur sortie de l'enceinte, les grains du produit sont soumis à une opération de refroidissement brusque ou trempe, couplée avec une  
40

séparation des fines particules du corps auxiliaire, en amenant à leur sortie de l'enceinte les produits à circuler sur un crible possédant une maille de dimension intermédiaire entre celle des fines particules et celle des grains du produit, ce crible  
5 étant mis en vibration et traversé dans le sens ascendant par un courant de gaz froid.

7/ - Procédé de torréfaction selon l'une des revendications 1, 2, 3, 4 ou 5, caractérisé en ce que, à sa sortie de l'enceinte, les grains du produit sont soumis à une  
10 opération de refroidissement brusque ou trempe, couplée avec une séparation des fines particules du corps auxiliaire, en mettant à leur sortie de l'enceinte les produits en fluidisation dans un courant de gaz froid de façon à déceller par l'effet des chocs les fines particules des grains et à provoquer un entraînement  
15 pneumatique de celles-ci.

8/ - Procédé de torréfaction selon l'une des revendications 1, 2, 3, 4, 5, 6 ou 7, dans lequel la masse volumique du produit à torréfier diminue au cours du traitement de torréfaction, ledit procédé étant caractérisé en ce que le  
20 corps auxiliaire utilisé présente une masse volumique telle que la masse volumique moyenne apparente de la couche fluidisée présente une valeur intermédiaire entre la valeur initiale et la valeur finale de la masse volumique de grain du produit.

9/ - Procédé de torréfaction selon l'une des revendications 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ou 8, caractérisé en ce  
25 que le gaz porteur utilisé est un gaz inerte en vue d'éviter des phénomènes d'oxydation du produit à torréfier.

10/ - Procédé de torréfaction de grains de café, caractérisé en ce qu'il consiste à mettre en oeuvre le  
30 procédé conforme à l'une des revendications 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ou 9, en portant la couche fluidisée à une température comprise entre 230 et 280°C, les grains étant amenés à séjourner dans cette couche durant une période comprise entre 120 et 200 secondes.

11/ - Procédé de torréfaction selon la revendication 10, applicable au cas où il subsiste au coeur des  
35 grains des fines particules du corps auxiliaire, caractérisé en ce que, après traitement, les grains sont moulus grossièrement et soumis à une opération de séparation finale des fines parti-  
40 cules du corps auxiliaire.

12/ - Dispositif de torréfaction pour la mise en oeuvre du procédé conforme à l'une des revendications 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 ou 11, comprenant une enceinte de torréfaction, un conduit d'arrivée de gaz porteur débouchant à la base de l'enceinte, un conduit de départ du gaz en partie haute de celle-ci, un distributeur de fluidisation situé à la base de l'enceinte, ledit dispositif étant caractérisé en ce qu'il comprend une couche peu épaisse de fines particules d'un corps auxiliaire disposée au dessus du distributeur en vue d'être fluidisée par le gaz porteur et des moyens de chauffage de cette couche fluidisée.

13/ - Dispositif de torréfaction selon la revendication 12 permettant de réaliser une torréfaction en continu des grains d'un produit, caractérisé en ce que l'enceinte de traitement est de forme allongée et en ce qu'elle comprend des moyens d'alimentation en grains adaptés pour déverser dans une zone de celle-ci un débit déterminé de grains, des moyens de prélèvement des grains adaptés pour prélever les grains dans une zone opposée, et des moyens d'entraînement des grains adaptés pour engendrer une circulation des grains de la zone d'alimentation vers la zone de prélèvement.

14/ - Dispositif de torréfaction selon l'une des revendications 12 ou 13, caractérisé en ce que le conduit de départ de gaz est prolongé par un conduit de recyclage pourvu d'une soufflante et se refermant sur le conduit d'arrivée.

15/ - Dispositif de torréfaction selon l'une des revendications 12, 13 ou 14, caractérisé en ce qu'il comprend un échangeur de chaleur associé à l'enceinte de torréfaction pour le chauffage de la couche fluidisée contenue dans celle-ci.



Fig. 1



